

Nanopartikel dan Dampaknya Bagi Kesehatan Manusia

Universitas Flores
Jln. Sam Ratulangi Kampus II Program Studi Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Aloisius Harso
harsoaloisius@yahoo.co.id

Abstrak

Nanoteknologi merupakan salah satu revolusi ilmu pengetahuan dan teknologi terbesar di abad ke-21 ini. Nanoteknologi telah memberikan banyak manfaat dalam berbagai bidang kehidupan manusia. Salah satunya dibidang kesehatan. Dalam bidang ini sudah banyak memanfaatkan nanopartikel seperti nanogold yang digunakan sebagai pengobat penyakit kanker, antitoksin, antiarthritis dan nanosilver digunakan sebagai pelapis pada peralatan kedokteran juga sebagai katalisator. Selain membawa dampak positif nanopartikel juga dapat membawa dampak negatif bagi kesehatan manusia. Hal ini disebabkan karena nanopartikel mempunyai sifat-sifat yang tidak dapat dengan mudah diprediksi dibandingkan dengan bulk material dengan jenis yang sama. Beberapa organ tubuh manusia seperti paru-paru, kulit dan saluran pencernaan bisa mengalami kontak langsung dengan partikel-partikel dari luar terutama partikel-partikel berukuran nano yang tidak bisa dilihat dengan menggunakan mata biasa. Secara umum ketiga organ tersebut mempunyai mekanisme pertahanan alamiah untuk menghilangkan berbagai benda asing yang masuk ke dalamnya. Tetapi karena nanopartikel mempunyai sifat-sifat yang unik dibandingkan partikel biasa, maka ada kemungkinan nanopartikel dapat mempengaruhi metabolisme di dalam tubuh manusia yang berakibat timbulnya penyakit baru.

Kata kunci: *nanopartikel, dampak, kesehatan.*

Abstrac

Nanotechnology is one revolution of science and the biggest technology in the 21st century. Nanotechnology has provided many benefits in many areas of human life. One of them in the health sector. In this field has been much use of nanoparticles as nanogold used as a remedy against cancer, antitoxin, antiarthritis and nanosilver are used as coatings on medical devices as well as a catalyst. In addition to the positive impact of nanoparticles can also have negative impacts on human health. This is because the nanoparticles have properties that cannot be easily predicted than the bulk material of the same type. Several human organs such as the lungs, skin and digestive tract can have direct contact with the particles from the outside, especially nano-sized particles that cannot be seen using the naked eye. In general, the three organs have a natural defense mechanism to remove foreign objects that enter into it. But because nanoparticles have unique properties compared to ordinary particles, it is possible that nanoparticles can affect metabolism in the human body resulting in the emergence of new diseases.

Key word: *nanoparticles, effect, health.*

I. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi bukanlah sesuatu hal yang baru dalam kehidupan masyarakat dunia. Bahkan, teknologi sudah menjadi hal yang sangat vital untuk kelangsungan hidup mereka. Perkembangan teknologi di berbagai bidang dapat memberikan kemudahan untuk melakukan berbagai hal dan membawa banyak keuntungan. Hal inilah yang menyebabkan eksplorasi dan pengembangan di bidang teknologi sedang menjadi pusat perhatian dunia.

Dalam periode tahun 2010 sampai 2020 akan terjadi percepatan luar biasa dalam penerapan nanoteknologi di dunia industri dan ini menandakan bahwa sekarang ini dunia sedang mengarah pada revolusi nanoteknologi. Negara-negara seperti Amerika Serikat, Jepang, Australia, Kanada dan negara-negara Eropa, serta beberapa negara Asia, seperti Singapura, Cina, dan Korea tengah giat-giatnya mengembangkan suatu cabang baru teknologi yang populer disebut Nanoteknologi. Negara yang tidak menguasai nanoteknologi akan semakin jauh tertinggal dari negara lain dan hanya menjadi tempat pemasaran hasil produksi dari negara-negara produsen nanoteknologi. Nanoteknologi telah merambah dalam berbagai dimensi kehidupan manusia diantaranya dibidang kesehatan. Teknologi nano telah membantu memproduksi obat-obatan yang dalam pemakaiannya agak berbeda dengan obat-obat biasa lainnya. Berbagai peralatan dalam dunia kesehatan telah dilindungi oleh nanopartikel sehingga bakteri yang ada dalam peralatan terbunuh. Akan tetapi nanopartikel yang memiliki sifat yang unik yang bisa saja menimbulkan penyakit baru.

II. Pembahasan

A. Nanopartikel

Nanopartikel adalah material berskala nano yang memiliki ukuran antara 1-100 nanometer [1]. Nanopartikel dapat terjadi secara alamiah ataupun melalui proses sintesis oleh manusia. Sintesis nanopartikel bertujuan mengubah ukuran partikel dengan ukuran kurang dari 100 nm

dan sekaligus mengubah sifat atau fungsinya. Nanopartikel menjadi menarik untuk ditelaah karena nanopartikel dapat memiliki sifat atau fungsi yang berbeda dari material sejenis dalam ukuran besar (*bulk*). Dua hal utama yang membuat nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar yaitu: (a) karena ukurannya yang kecil, nanopartikel memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Ini membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif. Reaktivitas material ditentukan oleh atom-atom di permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain; (b) ketika ukuran partikel menuju orde nanometer, maka hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum. Sifat-sifat yang berubah pada nanopartikel biasanya berkaitan beberapa hal yaitu pertama adalah fenomena kuantum sebagai akibat keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan lainnya dalam partikel. Keadaan ini berimbas pada beberapa sifat material seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, dan magnetisasi. Kedua adalah perubahan rasio jumlah atom yang menempati permukaan terhadap jumlah total atom. Keadaan ini berimbas pada perubahan titik didih, titik beku, dan reaktivitas kimia dari partikel tersebut.

Perubahan-perubahan tersebut merupakan keunggulan dari nanopartikel dibandingkan dengan partikel sejenisnya yang berukuran besar “*bulk*”. Dengan makin kecilnya ukuran material, terdapat dua faktor yang menyebabkan sifat material nano berbeda dengan material ukuran lainnya, yaitu: peningkatan luas permukaan dan efek kuantum. Populasi atom pada permukaan dibandingkan di dalam partikel pun mengalami perubahan. Sebagai misal, sebuah partikel dengan ukuran 30 nm maka populasi atom-atom yang berada di permukaan adalah 5%, jika partikel berukuran 10 nm maka perbandingan tersebut menjadi 20% dan jika suatu

partikel berukuran 3 nm maka 50% dari atom-atomnya berada di permukaan. Hal ini menggambarkan bahwa dengan makin kecilnya ukuran sebuah partikel, luas permukaan per satuan massa akan meningkat.

Sintesis nanopartikel dapat dilakukan dalam fasa padat, cair, maupun gas. Proses sintesis pun dapat berlangsung secara fisika atau kimia. Proses sintesis secara fisika tidak melibatkan reaksi kimia. Yang terjadi hanya pemecahan material besar menjadi material berukuran nanometer, atau penggabungan material berukuran sangat kecil, seperti kluster, menjadi partikel berukuran nanometer tanpa mengubah sifat bahan. Proses sintesis secara kimia melibatkan reaksi kimia dari sejumlah material awal (precursor) sehingga dihasilkan material lain yang berukuran nanometer. Contohnya adalah pembentukan nanopartikel garam dengan mereaksikan asam dan basa yang bersesuaian.

Secara umum ada dua cara mensintesis nanopartikel. Cara pertama adalah memecahkan partikel berukuran besar menjadi partikel berukuran nanometer. Pendekatan ini kadang disebut pendekatan *top-down*. Cara kedua adalah memulai dari atom-atom atau molekul-molekul atau kluster-kluster yang diassembly membentuk partikel berukuran nanometer yang dikehendaki. Pendekatan ini disebut *bottom-up* ^[1].

B. Dampak positif penggunaan nanopartikel dalam bidang kesehatan

Beberapa nanopartikel yang sering dimanfaatkan dalam bidang kesehatan adalah sebagai berikut.

a) Nanogold

Nanogold berperan dalam sistem penghantaran obat antara lain, mengontrol ukuran partikel, sifat permukaan dan pelapasan zat aktif secara farmakologi untuk mencapai sisi aksi spesifik obat.

Nano gold secara umum dapat digunakan sebagai :

1) Antikanker, Au sebagai senyawa antitumor dapat mengatasi resistensi

terhadap cisplatin dan obat antikanker lain. ^[2]

- 2) Antiangiogenesis, nanogold dapat berinteraksi secara selektif dengan mengikat *vascular permeability factor* atau *vascular endothelial growth factor*
- 3) Antiarthritis, Au memiliki mekanisme aksi pada penyakit arthritis kronik melalui interaksi dengan selenosistein pada thiorredoxin reduktase.
- 4) Antiparasit, penyakit yang disebabkan karena parasit seperti, *sleeping sickness* dan malaria menjadi masalah utama pada daerah miskin. Au berpotensi memiliki aktivitas menyerang target selenosistein pada penanganan penyakit yang disebabkan oleh penyakit-penyakit di atas. ^[2]
- 5) Antioksidan, dipergunakan untuk menangkal radikal bebas, Au memiliki aktivitas menghambat kerusakan oksidatif DNA, protein dan lipid melalui mekanisme sebagai radikal *scavenger*. ^[3]

Penggunaan nanoteknologi dalam pengobatan kanker menawarkan beberapa kemungkinan yang menarik, termasuk kemungkinan menghancurkan kanker tumor dengan kerusakan minimal pada jaringan dan organ yang sehat, serta penghancuran sel kanker sebelum mereka membentuk tumor. Salah satu perawatan melibatkan kemoterapi ditargetkan yang memberikan agen tumor-membunuh disebut necrosis factor alpha tumor (TNF) untuk tumor kanker. TNF melekat ke nanopartikel emas bersama dengan tiol-diderivatisasi polyethylene glycol (PEG-tiol), yang menyembunyikan nanopartikel bantalan TNF dari sistem kekebalan tubuh. Hal ini memungkinkan nanopartikel untuk mengalir melalui aliran darah tanpa diserang.

b) Nanosilver

Nano silver digunakan untuk melapisi beberapa peralatan yang digunakan dalam dunia kedokteran seperti pisau bedah, pinset, kateter atau logam implant yang berfungsi untuk meminimalkan ruang hidup bakteri. Nanosilver juga berfungsi sebagai katalisator bagi sistem kekebalan

tubuh untuk membasmi Virus, Pathogen dan bakteri yang berada didalam tubuh manusia. Nanosilver juga digunakan sebagai pembalut luka menggunakan antibakterial alami untuk mereduksi pertumbuhan Staph. Aureus, E.Coli, E. Hirae dan Pseudomonas aeruginosa yang merupakan bakteri yang sangat kuat dan kurang merespon pada berbagai antibakteri) selama penggunaan 24 jam.

c) Partikel nanotitanium sebagai penyusun tabir surya menyebabkan perlindungan kulit terhadap sinar UV menjadi lebih baik tanpa meninggalkan bekas residu dan minyak.

d) Fullerene

Fullerene memiliki sifat fisik yang sangat stabil dan kuat. Sedangkan sifat kimiawi dari fullerene mudah bereaksi karena banyak memiliki ikatan kovalen di seluruh permukaannya. Karena memiliki sifat stabil dan non-toxicnya fullerene dapat dipergunakan sebagai obat, salah satunya adalah obat anti virus HIV. “Bola” fullerene dengan sifat lipophilic-nya (mudah menyatu dalam lemak atau minyak) akan mudah masuk ke dalam struktur protease yang menjadi tempat berkembangbiakan virus HIV. Dengan demikian dia bisa menahan laju pertumbuhan virus HIV.^[2]

e) Nanopartikel kitosan

Nanopartikel kitosan digunakan sebagai terapi gen yaitu suatu teknik memperbaiki gen yang rusak atau cacat yang bertanggungjawab atas timbulnya penyakit tertentu. Beberapa pendekatan yang digunakan dalam terapi gen adalah menambahkan gen-gen normal ke dalam sel yang mengalami ketidaknormalan.^[4] Pendekatan kedua adalah menghilangkan gen abnormal dengan melakukan rekombinasi homolog. Pendekatan ketiga adalah mereparasi gen abnormal dengan cara mutasi balik selektif sehingga akan mengembalikan fungsi gen tersebut. Selain pendekatan pendekatan tersebut, ada pendekatan lain untuk terapi gen yaitu mengendalikan regulasi ekspresi gen abnormal.

f) Nanopartikel protein

Nanopartikel protein dapat digunakan untuk penghantaran obat yang ditujukan ke paru-paru atau dapat diinkorporasikan dalam *biodegradable polymer microsphere/nanosphere* untuk depot pelepasan terkendali atau per oral.⁽³⁾

C. Dampak negatif penggunaan

nanopartikel dalam bidang kesehatan

Makin kecilnya ukuran suatu partikel maka reaktivitas kimia suatu partikel akan semakin meningkat. Dengan demikian rute paparan, potensi akumulasi partikel nano pada tubuh manusia melalui bagian tubuh yang berhubungan langsung dengan lingkungan menjadi perhatian akan potensi toksik nanopartikel. Besar potensi bahaya suatu nanopartikel dapat diukur melalui tingkat toksik atau racunnya partikel tersebut.

Beberapa kajian menunjukkan bahwa tingkat keberacunan nanopartikel ditentukan oleh beberapa faktor berikut^[2].

- a) total luas permukaan partikel terhadap organ tujuan.
- b) reaktivitas kimia permukaan, termasuk komponen yang terdapat di permukaan seperti logam dan pelapis serta kemampuannya terlibat dalam reaksi yang melepaskan radikal bebas.
- c) dimensi fisika partikel yang memungkinkan terpenetrasi dalam organ atau sel dan menyulitkan pembuangannya.
- d) kelarutannya, seperti garam-garaman yang mudah terlarut sebelum terjadi reaksi beracun.

Umumnya nanopartikel tidak larut dan karenanya sangat kecil peluang untuk terkontaminasi ke dalam air tanah. Namun pandangan ini tidak sepenuhnya benar berdasarkan temuan sebuah kajian terakhir terhadap partikel nano C60 (fullerene). C60 adalah nanopartikel yang bersifat hydrophobic (tidak larut dalam air). Akan tetapi tanpa perlakuan permukaan sekalipun, partikel ini ternyata dapat membentuk koloid stabil dalam air.

Tingkat kematian 50% sel dicapai dengan konsentrasi fullerene larut air sebanyak 600 mg/kg. Beberapa studi toksikologi menunjukkan bahwa senyawa fullerene yang larut dalam air itu mampu merusak fungsi ginjal hewan percobaan pada dosis yang lebih rendah ^[4]. Selain itu, proses pembakaran juga merupakan sumber dominan nanopartikel melalui udara. Pada sisi lain, paparan nanopartikel dapat terjadi melalui kontak permukaan kulit, seperti melalui penggunaan bedak kosmetik. Paparan dapat pula terjadi melalui makanan. Dalam hal ini partikel nano digunakan sebagai bahan tambahan selain itu paparan nanopartikel juga melalui obat-obatan seperti melalui injeksi ke dalam tubuh. Potensi masuknya nanopartikel kedalam tubuh manusia melalui perantara:

a. Kulit

Kulit berfungsi sebagai penghalang dan pelindung jaringan di bawahnya terhadap lingkungan. Praktis tidak ada unsur yang kontak atau berinteraksi melalui kulit kecuali vitamin D. Pada orang dewasa, luas kulit mencapai 1.5 m² dilindungi oleh lapisan tebal penahan (10 mikron) yang mampu melindungi jaringan agar terhindar dari lalu-lintas senyawa ionik atau molekul-molekul yang larut dalam air. ^[4]

Paparan melalui kulit umumnya bisa terjadi melalui penggunaan kosmetik. Partikel nanotitanium dioksida digunakan pada sebagian bedak tabir surya, karena sifatnya yang transparan tembus cahaya sementara partikel ini mampu menyerap dan memantulkan cahaya ultraviolet. Selain itu, besi oksida juga digunakan sebagai bahan dasar beberapa produk kosmetika, termasuk lipstick. Berkaitan dengan titanium dioksida, selain memiliki kemampuan mengurangi resiko terbakar dan mencegah kanker kulit, partikel ini juga bersifat foto aktif. Jika partikel ini mampu menembus kulit maka partikel ini juga memiliki potensi untuk menghasilkan radikal bebas yang dapat menyebabkan kerusakan pada DNA.

b. Pernafasan

Saluran pernafasan dan paru-paru juga merupakan bagian tubuh yang berhubungan dengan lingkungan. Pada dasarnya sistem pernafasan manusia terdiri dari dua bagian yaitu saluran udara (saluran untuk mengalirkan udara masuk atau keluar paru-paru) dan alveoli (daerah pertukaran gas). Paru-paru manusia memiliki saluran udara sepanjang 2300 km dan 300 juta alveoli. Sedangkan luas permukaan paru-paru orang dewasa bisa mencapai 140 m² ^[2]. Partikel-partikel asing yang ke saluran pernafasan ditahan masuk lebih jauh ke paru-paru melalui pengendapan di dinding saluran pernafasan dan pembuangan ke daerah tenggorokan melalui pergerakan ritmis mikroskopik sel-sel dinding saluran pernafasan. Jika partikel asing itu luput dan mencapai jaringan pertukaran gas, maka sel-sel makrofage akan menyelimuti partikel tersebut. Sel-sel tersebut memindahkan partikel asing menuju saluran pernafasan atau melalui paru-paru menuju saluran kelenjar limpa dan berakhir di limpa. Kedua mekanisme itu melindungi tubuh dan memindahkan partikel dari daerah yang berpotensi menyebabkan bahaya dan menetralkan racunnya. Kelebihan dosis dapat mengakibatkan rusak dan hancurnya jaringan paru-paru seperti yang dilakukan oleh bakteri pneumonia atau penyakit paru-paru industri karena asbes. Sebenarnya kecilnya ukuran bukanlah faktor kritis dari keberacunan nanopartikel. Total jumlah partikel dalam hal ini total luas permukaan atau dosis juga penting. Meskipun nanopartikel mengandung ancaman racun karena ukurannya yang kecil dan besarnya luas permukaan per satuan massa, tingkat keberacunan itu bergantung pada penyerapan ke dalam tubuh dalam jumlah besar. Untuk nanopartikel dengan luas permukaan yang rendah, potensi racun pada manusia berhubungan dengan dosis dan rute paparan. Paparan melalui pernafasan dalam jumlah besar hanya mungkin terjadi di lingkungan pabrik saja. Peneliti dari University of Iowa Roy J.

and Lucille A. Carver College of Medicine menemukan bahwa inhalasi nanopartikel karbon aktif dapat menyerang jaringan mematikan sel paru-paru sehingga terjadi inflamasi paru-paru.^[5]

c. Pencernaan

Bagian tubuh manusia lainnya yang memiliki kontak dengan lingkungan adalah saluran pencernaan. Bagian ini merupakan gerbang yang penting molekul-molekul makro memasuki tubuh manusia. Dari daerah lambung, hanya molekul-molekul kecil yang dapat berdifusi melalui usus. Tingginya keasaman daerah lambung memiliki fungsi mikrobial, pencernaan dan pelarutan beberapa partikel dan mempengaruhi racun. Usus bagian bawah berfungsi khusus sebagai bagian pembuangan dan penyerapan sari makanan yang memproduksi lendir dan enzim yang dipasok oleh pembuluh darah dan saluran limpa dalam jumlah besar, sehingga bisa menghasilkan sel-sel pelindung dan membuang jasad renik yang masuk. Sebuah penelitian tentang penyaluran obat dalam tubuh menunjukkan bahwa ada nanopartikel yang ditangkap oleh saluran limpa.^[7]

d. Paparan lain

Paparan lain nanopartikel ke dalam tubuh manusia dalam bentuk injeksi atau penyaluran bahan aktif ke sel-sel berpenyakit. Pada aplikasi ini, nanopartikel yang digunakan umumnya adalah yang bisa terdegradasi secara biologis dalam tubuh. Namun demikian pengujian toksikologi dan keselamatan terhadap material tersebut ketika berinteraksi dengan sel-sel dan jaringan harus dilakukan. Sebagai contoh saat ini sedang dikembangkan partikel nano yang dapat digunakan sebagai pembawa protein, misalnya berupa antibodi.

Prinsip penggunaannya nanopartikel kedalam tubuh yakni ketika nanopartikel itu diinjeksikan ke dalam tubuh, maka partikel itu berpotensi untuk mempengaruhi fungsi-fungsi protein di

dalam tubuh atau sel. Interaksi nanopartikel ini hampir mirip dengan yang terjadi ketika nanopartikel itu masuk ke dalam tubuh manusia melalui kontaminasi udara atau lainnya. Hasil penelitian Fernandez-Urrusuno *et al* yang dilakukan pada tahun 1997 dengan sampel tikus menunjukkan terjadi penurunan fungsi antibodi dan gangguan pada hati tikus setelah diinjeksikan dengan nanopartikel^[5]. selain itu hasil penelitian dari Centre of Cancer Biomedicine Norwegian Radium Hospital menemukan bahwa nanopartikel dapat mengganggu jalannya transportasi substansi vital masuk dan keluar sel. Terganggunya transportasi tersebut mengakibatkan kerusakan fisiologis sel dan mengganggu fungsi sel yang normal.^[8]

III. Simpulan

Kehadiran nanopartikel telah membantu manusia dalam menanggulangi berbagai persoalan yang tidak mampu ditangani oleh partikel-partikel berukuran bulk. Dalam bidang kesehatan nanopartikel berhasil menciptakan obat-obat yang mampu mengobati beberapa penyakit kronis yang tidak jarang menimbulkan kematian bagi si penderita seperti penyakit kanker dan tumor ganas. Akan tetapi kehadiran nanopartikel dapat membawa bencana baru bagi manusia. Beberapa hasil penelitian mengungkapkan bahwa penggunaan nanopartikel yang diinjeksikan kedalam tubuh manusia bisa menyebabkan kerusakan fisiologis sel dan mengganggu fungsi sel yang normal.

Pustaka:

1. Abdullah, M. 2009. Pengantar Nanosains. Bandung: ITB
2. Kumar, M., N., V., R., 2000, A Review of Chitin and Chitosan Applications, *ReactFunct. Polym.*, 46: 1–27.
3. Lina Winarti, 2012 Bahan Ajar Mata kuliah Sistem Penghantaran Obat. Fakultas Farmasi Universitas Jember.
4. Riwayati, I. 2007. Analisa resiko pengaruh partikel nano terhadap

- kesehatan manusia. Jurnal Momentum, Vol. 3, No. 2, Oktober 2007
5. Ostiguy, C. *et al.* 2008. Health Effects of Nanoparticles. Report R-589.
 6. P. HM Hoet, I. Bruske-Hohlfeld and O. V. Salata, "Nanoparticles – known and unknown health risks (Review)", J. of Nanobiotechnology 2:12, December 2004.
 7. <http://perpustakaan cyber.blogspot.com/2013/03/produk-nanoteknologi-memiliki-dampak>.
 8. <http://id.shvoong.com/exact-sciences/1810912-nanoteknologi>
 9. Kędziora, A, *et al* 2010. Positive and Negative Aspects of Silver Nanoparticles Usage. Jurnal biology international.